

**МЕТОДИКА И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ГЕТЕРОГЕННЫХ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ  
В СРЕДЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ САПР**

**Нестеренко С. А.**, *д.т.н., профессор,*  
*зав. кафедрой «Компьютерные системы и сети», проректор,*  
Одесский национальный политехнический университет

[sa\\_nesterenko@ukr.net](mailto:sa_nesterenko@ukr.net)

**Иванова Л. В.**, *преподаватель I категории*

Одесский технический колледж

[ivanova\\_l\\_v@ukr.net](mailto:ivanova_l_v@ukr.net)

**Аннотация.** Сформулирована задача проектирования рациональной структуры гетерогенного сегмента сети по критерию «производительность/стоимость». Разработана методика проектирования сегментов гетерогенных мультисервисных сетей в среде специализированной САПР.

**Ключевые слова:** метамодель, гетерогенный сегмент сети, неблокирующая структура, рациональная структура, методика проектирования, инструментальные средства, САПР.

**METHODS AND TOOLS OF HETEROGENEOUS MULTISERVICE NETWORKS  
DEVELOPMENT IN SPECIALIZED CADD ENVIRONMENT**

**Nesterenko S. A.**, *D.Sc. (Engineering), professor*  
Odessa National Polytechnic University

**Ivanova L. V.**

Odessa Technical College

**Abstract.** The task of heterogeneous network segment rational structure development by criterion "productivity/cost" is formulated. The method of heterogeneous multi-service networks segment design in specialized CADD environment is developed.

**Keywords:** metamodel, heterogeneous network segment, unblocked structure, rational structure, method of development, tools, CADD.

**Введение.** Современные компьютерные сети (КС) реализуются как гетерогенные структуры, содержащие в своем составе большое количество как проводных, так и беспроводных сегментов.

Динамика жизненного цикла КС, связанная с постоянным изменением числа абонентов и приложений сети, требует постоянного процесса реинжиниринга гетерогенных сетей. Это, в свою очередь, требует использования соответствующих моделей, методов и инструментальных средств, ориентированных на данный класс КС и данную процедуру их развития.

Анализ методов проектирования КС показал, что они не учитывают особенностей современных сетей, а именно, их гетерогенность, мультисервисность и реинжиниринг на уровне сетевых сегментов.

В статье предлагается методика, модели и инструментальные средства проектирования (реинжиниринга) структуры гетерогенной мультисервисной сети на уровне ее сетевых сегментов в среде специализированной САПР RELAN [1]. В качестве инструментальных средств для проведения натурального моделирования в сетевых сегментах используются программные продукты IxChariot [2]. Монитор сетевого трафика IxRunTime и программируемый генератор мультисервисной нагрузки IxProFile.

**1. Формализация задачи проектирования гетерогенных сегментов сети.** Гетерогенная КС представляется в виде набора гетерогенных сетевых сегментов (ГСС). В качестве ГСС рассматриваются сети рабочих групп, сети зданий и сеть корпорации. Реинжиниринг КС вы-

полняється на рівні ГСС, в яких відбулися зміни числа абонентів або інформаційного трафіка.

В формалізованому вигляді задача проектування гетерогенного сегмента мережі формулюється наступним чином. При заданому кількості абонентів  $N$  і трафіку ГСС  $H_C$  на множині можливих структур  $S^{ДОП}$  необхідно синтезувати структуру  $S \in S^{ДОП}$ , забезпечуючу максимальне значення показателя ефективності  $W$  "продуктивність/вартість" і для якої виконуються обмеження на вектор користувальницьких  $F_{П}$  характеристик функціонування мережі:

$$H_C = \sum_{i=1}^N \lambda_i$$

$$W \rightarrow \max, \bar{F}_{П} = \Phi(S, H_C),$$

$$S = S^{РАЦ}, S^{РАЦ} \in S^{ДОП}, F_{П} \leq \bar{F}_{П}^{ДОП},$$

де  $\lambda_i$  – трафік  $i$ -го абонента,

$N$  – кількість абонентів ГСС.

В якості обмежень на користувальницькі характеристики  $F_{П}^{ДОП}$  для гетерогенних сегментів розглядаються: допустимі значення середнього часу виконання мережних транзакцій  $T_{ТР}^{ДОП}$ , пропускні спроможності, забезпечувані для кожного абонента сегмента  $V_{ГС}$

$$T_{ТРi} \leq T_{ТРi}^{ДОП}, i = \overline{1, D},$$

$$V_{ГС}^{max} \geq V_{ГСi}, i = \overline{1, N},$$

де  $D$  – кількість інформаційних транзакцій в мережі.

$N$  – кількість абонентів сегмента мережі.

Показатель ефективності можна представити в вигляді:

$$W = \frac{E}{C} \rightarrow \max,$$

де  $C$  – вартість мережної структури,

$E(H_C, S)$  – одинична функція Хевісайда, визначається в вигляді:

$$E(H_C, S) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \forall i V_{ГСi} \leq V_{ГСi}^{ГС}, i = \overline{1, N} \\ 0, \text{ якщо } \exists i V_{ГСi} > V_{ГСi}^{ГС}, i = \overline{1, N} \end{cases}$$

де  $N$  – кількість абонентів сегмента мережі.

**2. Методика проектування раціональної структури гетерогенного сегмента мультисервісної мережі.** Методика містить ряд послідовних кроків, які виконуються з використанням відповідних модулів САПР "RELAN", системи активного моніторингу і генератора мережного трафіку IxChariot.

1. З використанням графічного інтерфейсу користувача вводяться вихідні дані для проектування гетерогенного сегмента мережі. Формується метамоделювання структури ГСС  $S_A$ , яка описує робочі станції і сервери входять в склад сегмента мережі:

$$S_A = (R, H, M_\lambda, M_m, M_L, C_R, C_H),$$

де  $R = (r_1, r_2, \dots, r_{N1})$  вектор робочих станцій ГСС ( $N1$  – кількість робочих станцій, входять в склад проектуваного сегмента мережі),

$H = (h_1, h_2, \dots, h_{N2})$  вектор серверів ГСС ( $N2$  – кількість серверів),

$M_\lambda$  – матриця інтенсивності трафіку між робочими станціями і серверами мережі

( $M_\lambda = \|\lambda_{ij}\|_{|R| \times |H|}$ , де  $|R|$  і  $|H|$  – потужності відповідних множин).

$M_m$  – матриця розмірів пакетів визначає середній розмір пакетів, якими обмінюються робочі станції і сервери ( $M_m = \|m_{ij}\|_{|R| \times |H|}$ ),

$M_L$  – матриця топологічного розташування робочих станцій і серверів мережі,

$C_R$  – вектор стоимости рабочих станций ГСС,

$C_H$  – вектор стоимости серверов ГСС.

2. С использованием графического интерфейса пользователя выполняется построение первичной структуры ГСС в виде отдельного информационно квази-изолированного объекта.

3. С помощью модуля синтеза сетевой нагрузки в автоматическом режиме выполняется построение модели сетевой нагрузки гетерогенного сегмента сети. По модели сетевой нагрузки рассчитывается трафик беспроводных и проводных каналов связи сегмента сети

$$H_B = \sum_{i=1}^{N_B1} I_i + \sum_{j=1}^{N_B2} I_j \quad H_{II} = \sum_{i=1}^{N_{II1}} I_i + \sum_{j=1}^{N_{II2}} I_j$$

где  $H_B$ ,  $H_{II}$  – трафик беспроводного и проводного сегмента соответственно,

$N_B1$ ,  $N_B2$ ,  $N_{II1}$ ,  $N_{II2}$  – количество серверов и рабочих станций беспроводного и проводного сегментов сети соответственно.

4. В автоматическом режиме на основании полученных с использованием модели сетевой нагрузки значений трафика производится выбор технологии для беспроводных и проводных каналов связи:

$TH_{BP} \rightarrow IEEE\ 802.11a, IEEE\ 802.11b, IEEE\ 802.11g, IEEE\ 802.11n$

$TH_{II} \rightarrow E, FE, GE, 10GE.$

5. С помощью блока синтеза математических моделей на уровне полученных объектов по аналитическим моделям [3,4] определяется максимальная пропускная способность гетерогенного сегмента сети и минимальное время транзакции

$$V_{\max}^{GC} = f(L, V_{WLC}, V_{WRC}, V_{SB}),$$

$$T_{\min}^{GC} = f(V_{WLC}, V_{WRC}),$$

где  $L$  – размер передаваемого кадра,

$V_{WLC}$ ,  $V_{WRC}$  – скорость передачи проводного и беспроводного канала,

$V_{SB}$  – скорость передачи по шине сетевого интерфейса.

6. С использованием заданных логических правил в автоматическом режиме выполняется синтез неблокирующей структуры ГСС, для которой выполняются условия:

$$\forall i V_{GCi} \leq V_{\max}^{GC}, i = \overline{1, N}$$

$$\forall i T_{GCi} \leq T_{\min}^{GC}, i = \overline{1, N}$$

7. Для проведения моделирования структур ГСС в специализированной среде САПР проводятся натурные эксперименты, которые позволяют уточнить значение пропускной способности ГСС, полученные с помощью аналитической модели. С использованием системы активного мониторинга и генератора мультимедийного трафика проводятся натурные эксперименты, и строится регрессионная модель для расчета скорости передачи сквозного канала беспроводного сегмента сети [5]:

$$V_{CK} = f(L, R, N),$$

где  $L$  – размер передаваемого кадра,

$R$  – скорость передачи физического беспроводного канала связи,

$N$  – количество абонентов,

$B$  – тип сетевого интерфейса.

На основании регрессионной модели определяется реальная пропускная способность гетерогенного сегмента сети  $V_{GC}$ .

8. Выполняется синтез рациональной структуры ГСС по критерию «производительность/стоимость», для которой выполняются условия:

$$\forall i T_{TPi} \leq T_{TPi}^{DOPI}, i = \overline{1, N}$$

$$\forall i V_{GCi} \leq V_{\max}^{GC}, i = \overline{1, N}$$

С использованием блока моделирования проверяются условия выполнения ограничений на времена транзакций и пропускные способности, обеспечиваемые для каждого абонента ГСС. Выполняется поиск узлов, для которых условия не выполняются, и проводится процесс реконфигурирования структуры ГСС, который сводится к выбору каналов с большей производительностью. Процедуры моделирования и реконфигурирования структуры ГСС повторяются до нахождения структуры, для которой выполняются все ограничения.

9. Посредством графического интерфейса пользователя выполняется вывод структуры сегмента гетерогенной сети.

Этапы методики и используемые инструментальные средства приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Этапы методики и инструментальные средства.**

№	Наименование этапа	Инструментальные средства		
		САПР RELAN	CAM IxRunTime	Генератор трафика IxProFile
1	Ввод данных проекта Построение метамоде- ли ГСС	Графический интерфейс пользователя		
2	Построение первичной структуры ГСС	Модуль синтеза струк- туры		
3	Построение модели сетевой нагрузки	Модуля синтеза сетевой нагрузки		
4	Построение неблоки- рующей структуры гетерогенной сети	Модуль синтеза матема- тических моделей, мо- дуль синтеза структуры		
5	Проведение натурных экспериментов		Модуль мо- ниторинга	Модуль генератора мультимедийного трафика
6	Построение регресси- онной модели	Модуль расчета регрес- сионной модели		
7	Расчет времени тран- закций	Модуль расчета тран- закций		
8	Построение рацио- нальной структуры ГСС	Модуль синтеза струк- туры		
9	Вывод структуры ГСС	Графический интерфейс пользователя		

**Заключение.** Предложенная методика учитывает особенности динамики жизненного цикла современных КС и может быть использована в процессе проектирования и реинжиниринга гетерогенных сетей произвольной структуры. Предложенный объектный подход позволяет моделировать сеть на уровне ее сегментов небольшой размерности, что позволяет существенно упростить и сократить время проектирования.

**Список литературы**

1. Нестеренко С. А., Биньковский А. Ю. (2009) Интегрирована система проектування корпоративних комп'ютерних мереж. Праці Одеського політехнічного університету, (1), С. 92–97.
2. IxChariot [Електронний ресурс]. – Електрон, дан. – Режим доступу : <http://ixchariot.ru>, вільний.
3. Нестеренко С. А. (2002). Аналіз пропускної спроможності стека протоколів. Праці Одеського політехнічного університету, (2), С. 87–90.

4. Нестеренко С. А., Іванова Л. В. (2011). Аналітична модель крізного каналу безпроводного сегменту мережі стандарту IEEE 802.11 Праці Одеського Політехнічного Університета, (1), С. 146–150.
5. Нестеренко С. А., Іванова Л. В. (2012). Пропускна спроможність наскрізного каналу безпроводного сегменту мережі стандарту IEEE 802.11. Електротехнічні і комп'ютерні системи, (5), С. 194–200.

#### **References**

1. Nesterenko S. A., Binkovsky A. U (2009). IPSE of corporate computer networks. Proceedings of Odessa Polytechnic University, (1), P. 92–97.
2. IxChariot [The Electronic resource]. Electronic data. Access mode : <http://ixchariot.ru>, free.
3. Nesterenko S. A. (2002). Analysis capacity protocol stack. Proceedings of Odessa Polytechnic University, (2), P. 87–90.
4. Nesterenko S. A., Ivanova L. V. (2011). The analytical model of an end-to-end channel of the 802.11 IEEE standard wireless network segment. Proceedings of Odessa Polytechnic University, (1), P. 146–150.
5. Nesterenko S. A., Ivanova L. V. (2012). An end-to-end channel capacity of the 802.11 IEEE standard wireless network segment. Electrical and Computer Systems, (5), P. 87–90.

*Стаття надійшла до редакції 04.03.2013.*

---

#### ***Відомості про авторів:***

**Нестеренко С. А.**, доктор технічних наук, професор, зав. кафедри комп'ютерних інтелектуальних систем та мереж інституту комп'ютерних систем, проректор одеського національного політехнічного університету.

**Іванова Л. В.**, аспірант кафедри комп'ютерних інтелектуальних систем та мереж інституту комп'ютерних систем одеського національного політехнічного університету.